

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI
“FEDERICO II”

SCUOLA DI MEDICINA E CHIRURGIA

DIPARTIMENTO UNIVERSITARIO DI SANITA' PUBBLICA

Direttore: Prof.ssa Maria Triassi

Tesi di dottorato in Sanità Pubblica e Medicina Preventiva
XXXI ciclo

**Il trattamento della pseudoartrosi
di scafoide con innesto osseo
vascolarizzato da radio volare.**

RELATORE

Chiar.mo

Prof. Massimo Mariconda

CANDIDATO

Dott. Francesco Smeraglia

1. Introduzione

La frattura di scafoide è di gran lunga la più comune tra le fratture che coinvolgono le ossa carpali, con una percentuale, nelle varie casistiche, compresa tra il 50 e l'80% di tutte le fratture carpali (Alshryda et al, 2012).

La peculiare vascolarizzazione dello scafoide, di tipo terminale, espone queste fratture ad un rischio particolarmente alto di non consolidazione (Gelberman et al, 1983). Infatti, la percentuale di pseudoartrosi può variare tra il 5 ed il 15%, nelle diverse casistiche (Kuschner et al. 1994). La localizzazione della frattura gioca un ruolo determinante nel processo di guarigione, poiché le fratture del terzo distale hanno una più alta possibilità di consolidazione rispetto a quelle del polo prossimale; ciò poiché l'arteria nutritizia ha un decorso retrogrado.

La mancata consolidazione di queste fratture comporta delle alterazioni nella ripartizione dei carichi, dovute ad un aumento della flessione e della pronazione dello scafoide, con una instabilità intercalare segmentale dorsale (DISI). L'alterazione della ripartizione del carico della superfici articolari, comporta un incremento del rischio artrosico, con una prevalenza a 5 anni variabile tra il 75 ed il 97% ed una prevalenza a 10 anni del 100% (Inoue e Sakuma 1996; Ruby et al, 1985).

Esistono due modelli principali di pseudoartrosi (PSA):

- con deformità di tipo humpback, tipica delle fratture del III medio, nella quale lo scafoide si accorcia e si flette
- con necrosi avascolare del polo prossimale.

La classificazione di Alnot et al. (1988) inquadra la PSA di scafoide in 4 gradi di progressiva gravità:

- Stadio I: la pseudoartrosi senza segni di riassorbimento osseo
- Stadio IIA: presenza il riassorbimento osseo
- Stadio IIB: rotazione dorsale del polo prossimale dello scafoide
- Stadio III: comparsa di instabilità tipo DISI
- Stadio IV: questo stadio non è cronologicamente successivo agli altri, ma corrisponde ad una necrosi avascolare del polo prossimale dello scafoide

L'evoluzione artrosica di queste lesioni è stata descritta per la prima volta da Cooney et al (1984) come "scaphoid non union advanced collapse" (SNAC).

L'obiettivo primario del trattamento delle PSA di scafoide è quello di ottenere una consolidazione, e quindi un miglioramento dei parametri clinici e una prevenzione della degenerazione artrosica del polso.

A tal fine sono state proposte numerose opzioni chirurgiche che si differenziano tra loro principalmente sulla base di tre aspetti: sede del prelievo, metodica di fissazione ed utilizzo di innesti ossei vascolarizzati o non vascolarizzati.

Gli innesti ossei vascolarizzati hanno dimostrato una maggiore velocità di consolidazione ed un tassi più alto di consolidazione soprattutto nei casi di necrosi avascolare. Gli innesti ossei vascolarizzati più utilizzati sono quelli prelevati da radio volare e radio dorsale di tipo peduncolato, ossia senza la necessità di anastomosi microvascolari.

La letteratura su questo argomento non è tuttavia giunta a conclusioni univoche e, soprattutto, mancano le indicazioni dell'utilizzo degli innesti ossei vascolarizzati nelle diverse forme di PSA.

L'innesto osseo vascolarizzato peduncolato oggetto del presente studio fu inizialmente descritto da Kuhlmann et al (1987). L'innesto fonda le sue basi anatomiche sulla arteria palmare del carpo, che decorre tra il periostio volare e la aponeurosi distale del muscolo pronatore quadrato.

Scopo del presente elaborato è l'analisi dei risultati dell'utilizzo dell'innesto peduncolato di radio distale nel trattamento delle PSA di scafoide.

2. Materiali e Metodi

2.1 Demografica

Tra Aprile 2016 e Maggio 2018 sono stati trattati nove pazienti con PSA di scafoide con innesto vascolarizzato di scafoide secondo Kuhlmann. Tutti gli interventi sono stati effettuati da un unico chirurgo. I pazienti erano tutti maschi con un età media di 25,4 anni (range 19-34). I criteri di inclusione nello studio erano:

- assenza di un precedente trattamento conservativo o chirurgico per frattura di scafoide
- età superiore a 18 anni

Il gruppo di controllo era formato invece da dodici pazienti, trattati da Aprile 2016 a Settembre 2016, con innesto osseo non vascolarizzato da cresta iliaca. Gli interventi chirurgici sono stati effettuati da tre diversi chirurghi esperti nelle patologie della mano e del polso. I pazienti erano tutti maschi con una età media di 28,2 anni (range 19-42). I criteri di inclusione nel gruppo di controllo erano i medesimi del gruppo di studio.

Tutti i dati sono stati collezionati in modo prospettico. Prima di essere stati arruolati nello studio tutti i pazienti sono stati informati delle caratteristiche e degli obiettivi dello studio, ed è stato ottenuto un consenso informato per ciascun paziente.

Gli obiettivi primari dello studio erano:

- valutare il tasso di consolidazione della PSA in entrambi i gruppi
- valutare la velocità di consolidazione

Gli obiettivi secondari dello studio erano quelli la valutazione dei parametri clinici dei pazienti attraverso l'uso di strumenti soggettivi ed obiettivi.

2.2 Parametri pre-operatori

Al momento della visita pre-operatoria, tutti i pazienti lamentavano dolore e riduzione della funzionalità del polso. Prima dell'intervento tutti i pazienti hanno effettuato un set di radiografie per scafoide (antera-posteriore, laterale, deviazione ulnare) ed una risonanza magnetica per valutare la vascolarizzazione del polo prossimale. Tre pazienti su nove nel gruppo di studio (gruppo 1) presentavano una necrosi avascolare del polo prossimale (AVN), mentre nei restanti pazienti (6/9) la PSA riguardava il corpo dello scafoide.

Nel gruppo di controllo (gruppo 2) tre pazienti su dodici presentavano una AVN, laddove nei restanti pazienti (9/12) la PSA riguardava il corpo dello scafoide.

In sede pre- operatoria venivano redatti i seguenti parametri clinici:

- scala analogica visiva del dolore (VAS) (min 0= assenza dolore, max 10= massimo dolore);
- scala Disability of the Arm, Shoulder and Hands (DASH) (punteggio min 0= funzione completa, max 100= massima disabilità) (Hudak et al. 1996);
- Flessione ed estensione del polso valutati con goniometro in gradi;

- Forza di presa valutata con il dinamometro JAMAR;

2.3 Parametri post-operatori

Tutti i dati clinici (DASH, VAS, range articolare e forza di presa) sono stati rivalutati a 6 mesi da un singolo osservatore.

Tutti i pazienti sono stati sottoposti ad esame TAC ad 8 settimane per valutare la consolidazione della PSA. Una PSA veniva considerata consolidata quando vi era presenza di un ponte osseo trabecolare.

2.2 Tecnica Chirurgica dell'Innesto Vascolarizzato

L'intervento chirurgico viene effettuato in regime di ricovero in day surgery. L'anestesia effettuata è un blocco del plesso brachiale. L'intervento viene effettuato con bracciale pneumatico alla radice dell'arto. L'accesso chirurgico anteriore secondo Henry viene esteso fino al tubercolo dello scafoide (Figura 1). L'arteria volare carpale giace tra il periostio palmare del radio e la porzione distale della aponeurosi del muscolo pronatore quadrato. La stessa viene quindi isolata per via sottoperiostale tramite l'utilizzo di un bisturi, e dunque non scheletrizzata. La dissezione avviene fino all'emergenza dalla arteria radiale lateralmente (Figura 2). Si procede quindi al prelievo dell'innesto tramite l'ausilio di osteotomi. Una volta prelevato l'innesto si rilascia il bracciale pneumatico per valutarne la vascolarizzazione (Figura 3 e Figura 4). Si procede quindi alla cruentazione del focolaio di pseudoartrosi. I due frammenti principali dello scafoide vengono fissati con un filo di Kirschner, mentre l'innesto osseo con un secondo filo. Viene quindi valutata l'efficacia della riduzione tramite fluoroscopia. Si procede quindi alla sutura per piani, facendo attenzione che la sutura della capsula non comprima il peduncolo. Dopo l'intervento il polso viene quindi immobilizzato con una doccia gessata dorsale per 15 giorni fino alla rimozione dei punti. Successivamente viene confezionato un apparecchio gessato antibrachio-metacarpale con pollice incluso per ulteriori 6 settimane. I fili di Kirschner vengono rimossi ad 8 settimane dall'intervento. Alla rimozione del gesso il paziente inizia la fisioterapia.

2.3 Tecnica Chirurgica Innesto non vascolarizzato

L'intervento chirurgico viene effettuato in regime di ricovero ordinario. Il paziente viene sottoposto ad anestesia generale. L'intervento viene effettuato con bracciale pneumatico alla radice dell'arto. Viene praticato un accesso chirurgico volare allo scafoide. La PSA viene cruentata. Valutate le condizioni locali dello scafoide, si procede al prelievo da cresta iliaca di un innesto osseo cortico-

spongioso. La sintesi dell'innesto viene effettuata con una vite a doppia filettatura per scafoide a compressione senza testa. Il polso viene quindi immobilizzato con una doccia gessata dorsale per 15 giorni fino alla rimozione dei punti. Successivamente viene confezionato un apparecchio gessato antibrachio-metacarpale con pollice incluso per ulteriori 6 settimane. Alla rimozione del gesso il paziente inizia la fisioterapia.

2.4 Analisi statistica

Per l'analisi degli outcomes è stato effettuata una statistica descrittiva. Il Test del Chi-Quadro è stato effettuato per valutare le variabili dicotomiche (tasso di consolidazione) mentre è stato effettuato un test di T-Student per valutare le variabili continue (velocità di consolidazione, gradi di movimento, VAS, DASH). Il software utilizzato è stato SPSS.

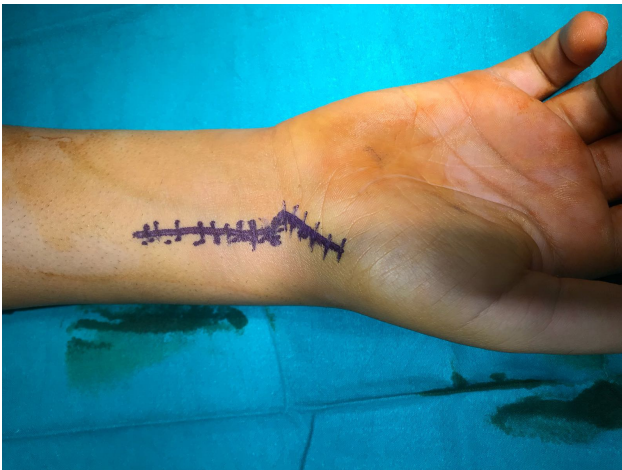


Figura 1 Accesso di Henry al polso

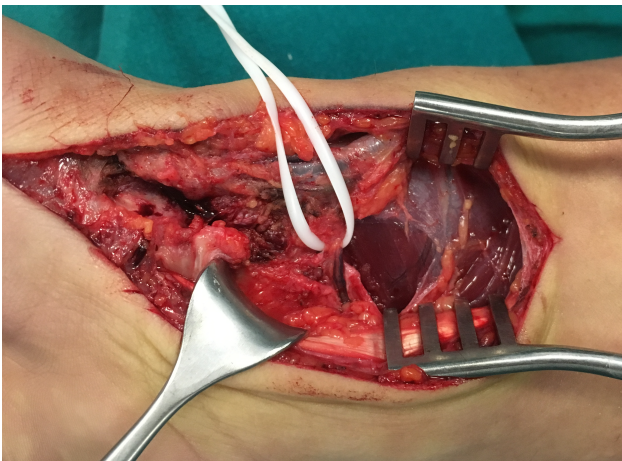


Figura 2 Dissezione arteria volare palmare



Figura 3 Prelievo innesto osseo con bracciale pneumatico



Figura 4 Valutazione vascolarizzazione dell'innesto una volta rilasciato il bracciale pneumatico

3. Risultati

Nessuno dei pazienti è stato perso al follow-up. Lo studio prevedeva una conclusione a 6 mesi dall'intervento chirurgico e la stessa è stata confermata.

3.1 Obiettivi primari

Nel gruppo 1 (innesto vascularizzato) è stata ottenuta la consolidazione della PSA in otto pazienti su nove (88%), mentre nelle AVN del polo prossimale la percentuale scendeva al 66% (2/3). La velocità media di consolidazione è stata di 8,6 settimane (range 8-11 settimane) (Figura 5). Il paziente che non ha ottenuto la consolidazione è stato sottoposto dopo un anno ad un intervento di resezione della prima filiera del carpo.

Nel gruppo 2 (innesto non vascularizzato) la consolidazione della PSA è stata ottenuta nel 75% dei pazienti (9/12), con una velocità media di 11,7 settimane (range 10-16). La percentuale di consolidazione scendeva allo 0% nei pazienti con AVN (0/3). Due dei pazienti che non hanno ottenuto la consolidazione sono stati sottoposti ad artrodesi dei quattro angoli, un paziente invece non ha voluto sottoporsi ad alcun intervento chirurgico. I dati sono riassunti nella tabella 1.

Con i numeri a disposizione, la differenza tra i due gruppi in termini di tassi di consolidazione della PSA in generale non era significativa. Quando l'analisi veniva limitata alle sole AVN del polo prossimale, si osservava una tendenza a maggior tasso di consolidazione con l'uso di innesti vascularizzati ($p=0.08$).

Per quanto riguarda il tempo di consolidazione, la differenza tra i due gruppi è risultata essere statisticamente significativa ($p< 0.05$) (Tabella 1).

3.2 Obiettivi secondari

Per quanto riguarda i parametri oggettivi nel gruppo 1 vi è stato un incremento della flessione di $6,8^\circ$, passando da un valore medio pre-operatorio di $53,8^\circ$ (range 35° - 65°) ad uno post-operatorio di $60,6^\circ$ (range 40° - 75°). L'incremento medio della estensione è stato di $5,5^\circ$, passando da $60,5^\circ$ (range 45° - 75°) a 66° (range 55° - 80°). La forza di presa è migliorata di 18,3 kg, passando da 24,2 kg (range 18-30) a 42,5 (28-58). I parametri soggettivi hanno anche essi registrato un miglioramento: la VAS è passata da un valore medio di 5,1 (range 2-8) ad un valore medio di 1 (range 0-3). La scala DASH invece è passata da un valore medio di 43 (range 18-70) ad un valore medio di 19 (range 5-32).

Nel gruppo 2, per quanto riguarda i parametri oggettivi, vi è stato un incremento della flessione di 14°, passando da un valore medio pre-operatorio di 52° (range 40°-65°) ad uno post-operatorio di 66,6° (range 55°-75°). L'incremento medio della estensione è stato di 3,3°, passando da 63,7° (range 55°-75°) a 67° (range 50°-75°). La forza di presa è migliorata di 15,3 kg, passando da 26,7 kg (range 20-34) a 42 (32-52). I parametri soggettivi hanno anche essi registrato un miglioramento: la VAS è passata da un valore medio di 5,6 (range 2-9) ad un valore medio di 0,7 (range 0-2). La scala DASH invece è passata da un valore medio di 51 (range 31-73) ad un valore medio di 18 (range 7-31).

I pazienti che non hanno ottenuto la consolidazione della PSA sono stati esclusi dalla analisi degli outcomes secondari (Tabella 1).

Figura 5

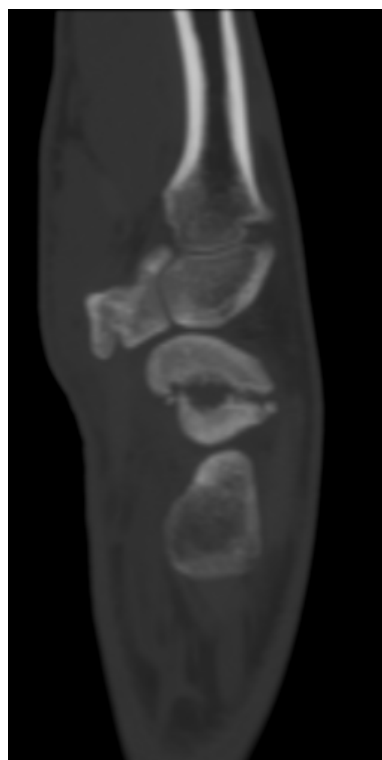
Paziente di 19 aa. Nelle figure a e b è possibile osservare una pseudoartrosi del corpo dello scafoide all'esame TAC con deformità di tipo humpback.

Nella figura c invece l'esame TAC ad 8 settimane mostra la guarigione della pseudoartrosi.

a



b



c



Tabella 1

	Gruppo 1 T0	Gruppo 1 6 mesi	Gruppo 2 T0	Gruppo 2 6 mesi
Consolidazione PSA		88% (8/9)		75% (9/12)
Velocità di consolidazione (settimane)		8,6 (8-11)		11,7 (10-16)
Flessione Polso (°)	53,8 (35- 65)	60,6 (40-75)	52 (40-65)	66 (55-75)
Estensione Polso (°)	60,5 (45-75)	66 (55-80)	63,7 (55-75)	67 (50-75)
Forza di presa (kg)	24,2 (18-30)	42,5 (28-58)	26,7 (20-34)	42 (32-52)
VAS	5,1 (2-8)	1 (0-3)	5,6 (2-9)	0,7 (0-2)
DASH	43 (18-70)	19 (5-32)	51 (31-73)	18 (7-31)

Discussione

La percentuale di successo in termini di consolidazione della PSA di scafoide degli innesti ossei non vascolarizzati in letteratura è molto variabile e compresa tra il 70 ed il 90% (Green 1985; Cooney et al, 1984; Andrews et al, 1985; Pinder et al, 2015); tale percentuale si riduce al 47% nei casi di AVN del polo prossimale nella metanalisi effettuata da Merrell nel 2002.

Nel gruppo di studio è stata ottenuta la consolidazione della PSA in otto pazienti su nove (88%), con il 100% di consolidazione (6/6) nei pazienti con PSA del corpo dello scafoide; tale percentuale si riduce al 66% (2/3) nelle AVN del polo prossimale. Lim et al (2013) hanno riportato una percentuale di consolidazione dell' 86% (18/21) nei pazienti con AVN con la stessa tecnica. Anche la metanalisi di Merrell del 2002 ha riportato una percentuale media più alta della nostra nelle AVN (88%) con l'uso di innesti ossei vascolarizzati di diversa tipologia. Questo è spiegabile con l'esiguità delle AVN nella nostra casistica, cioè solo 3 pazienti, per cui il singolo fallimento da noi riportato incide sulla percentuale totale in maniera rilevante. La recente revisione sistematica della letteratura di Pinder et al (2015), che racchiudeva 1602 pazienti, ha riportato una percentuale di consolidazione del 92% negli innesti ossei vascolarizzati contro una percentuale di 88% in quelli non vascolarizzati, ma non differenzia le varie tipologie di PSA.

La consolidazione nel nostro gruppo di studio è sempre avvenuta tra le 8 e le 11 settimane, e si è dimostrata più rapida rispetto al gruppo di controllo (valori medi 8,6 settimane vs 11,2). Questo dato è in linea con quelli presenti in letteratura in casistiche di PSA trattate con innesti ossei vascolarizzati (Kuhlmann et al, 1987; Mathoulin et al, 1998; Malizos et al, 2001; Dailiana et al, 2006). L'innesto osseo da radio palmare in una recente meta-analisi è stato riconosciuto come il più rapido nell'ottenere la consolidazione (Ditsios et al, 2016).

Nel gruppo di studio si è registrato un miglioramento della forza di presa di 18,3 kg, pari quindi al 44% in più rispetto al valore preoperatorio. Questo miglioramento è inferiore rispetto a quello riportato nella meta-analisi di Ditsios et al (2016), che registrava invece un miglioramento della forza del 66,69% nel gruppo di pazienti sottoposti ad innesto vascolarizzato di Kuhlmann; tuttavia il risultato ottenuto nel miglioramento della forza di presa nella nostra serie è superiore rispetto a quanto riferito dallo stesso autore con l'utilizzo di altre tipologie di innesti vascolarizzati.

Per tutte le variabili cliniche soggettive ed oggettive non si osserva alcuna differenza tra i due gruppi terapeutici.

L'innesto osseo vascolarizzato da radio dorsale descritto da Zaidenberg et al. (1991) è sicuramente quello maggiormente utilizzato, ma l'accesso dorsale impedisce una adeguata correzione della

deformità di tipo humpback, laddove invece l'accesso volare garantisce una perfetta visualizzazione di tutto il corpo dello scafoide. Inoltre il tasso di consolidazione medio è inferiore e molto variabile rispetto all'utilizzo dell'innesto di Khulmann (Ditsios et al, 2016).

Il nostro studio presenta diversi limiti. Il primo è rappresentato dalla presenza in entrambi i gruppi di studio di pazienti con PSA del corpo dello scafoide e pazienti con AVN del polo prossimale. Un altro limite consiste nella ridotta numerosità campionaria. La brevità del follow up non ci ha permesso di valutare l'eventuale progressione della degenerazione artrosica, ma quest'analisi era al di là degli obiettivi dello studio. Nei pazienti con necrosi del polo prossimale sarebbe stato utile valutare a sei mesi lo stato vascolare del polo prossimale utilizzando un esame RM, ma questo non è stato possibile. Inoltre, nei due gruppi sono stati utilizzati mezzi di sintesi differenti (fil di Kirshner vs vite cannulata) e la differente stabilità della sintesi potrebbe rappresentare la presenza di una variabile da controllare.

Lo studio presenta comunque dei punti di forza quali il design prospettico e presenza di un gruppo di controllo, poco presente nella letteratura scientifica sull'argomento (Ribak et al, 2010; Caporrino et al, 2014).

Nonostante la tecnica di dissezione a prima vista possa sembrare più complessa rispetto ad un innesto osseo non vascolarizzato, questa non presenta grosse difficoltà e la sua curva di apprendimento è abbastanza rapida. Il vantaggio degli innesti ossei pedunculati, sia da radio volare che da radio distale, risiede nella possibilità di eseguire un singolo accesso chirurgico e quindi di limitare la dissezione.

La revisione sistematica della letteratura effettuata da Merrell nel 2002 conferma la maggiore efficacia degli innesti ossei vascolarizzati rispetto ai non vascolarizzati nei pazienti con AVN del polo prossimale (percentuale di consolidazione 88% vs 47%). La nostra casistica si colloca sui valori intermedi. Nel caso di PSA del corpo dello scafoide, nonostante non vi sia differenza tra i due gruppi di studio in termini di percentuale di consolidazione, l'innesto osseo vascolarizzato risulta sicuramente preferibile per il suo minor tempo di consolidazione. Nel caso di AVN del polo prossimale l'innesto osseo non vascolarizzato non rappresenta una opzione terapeutica, quindi è sicuramente consigliato un innesto osseo vascolarizzato come prima scelta terapeutica. In ogni caso, in letteratura esistono risultati migliori con innesti ossei vascolarizzati liberi da condilo femorale mediale che hanno evidenziato una percentuale di successo del 100% indipendentemente dal sito di PSA e dalla vascolarizzazione del polo prossimale (Ditsios et al, 2016). Tale tecnica è però certamente più complessa, data la necessità di anastomosi vascolari microchirurgiche.

Bibliografia

Alnot J.Y. Symposium sur les fractures et pseudoarthroses du scaphoid carpien. Les différentes stades de pseudoarthrose. Rev. Chir. Orthop., 74, 714-717, 1988

Andrews J, Miller G, Haddad R. Treatment of scaphoid nonunion by volar inlay distal radius bone graft. J Hand Surg 1985;10B:214 –216.

Alshryda S, Shah A, Odak S, Al-Shryda J, Ilango B, Murali SR. Acute fractures of the scaphoid bone: Systematic review and meta-analysis. The surgeon: journal of the Royal Colleges of Surgeons of Edinburgh and Ireland. 2012; 10(4):218–29

Caporrino FA, Dos Santos JB, Penteado FT, de Moraes VY, Belloti JC, Faloppa F. Dorsal vascularized grafting for scaphoid nonunion: a comparison of two surgical techniques. J Orthop Trauma. 2014; 28(3):e44–8

Cooney WP, Linscheid RL, Dobyns JH: Scaphoid fractures: problems associated with nonunion and avascular necrosis, Orthop Clin North Am 15:381-391, 1984

Dailiana ZH, Malizos KN, Zachos V, Varitimidis SE, Hantes M, Karantanas A. Vascularized bone grafts from the palmar radius for the treatment of waist nonunions of the scaphoid. J Hand Surg 2006;31(3):397 — 404

Ditsios K, Konstantinidis I, Agas K, Christodoulou A. Comparative meta-analysis on the various vascularized bone flaps used for the treatment of scaphoid nonunion. J Orthop Res. 2017 May; 35(5):1076-1085

Gelberman RH, Panagis JS, Taleisnik J, et al: The arterial anatomy of the human carpus. Part I: The extraosseous vascularity, J Hand Surg [Am] 8:367-375, 1983.

Green DP. The effect of avascular necrosis on Russe bone grafting for scaphoid nonunion. J Hand Surg 1985;10A:597– 605.

Hirche C, Heffinger C, Xiong L, Lehnhardt M, Kneser U, Bickert B, et al. The 1,2-intercompartmental supraretinacular artery vascularized bone graft for scaphoid nonunion: management and clinical outcome. The Journal of hand surgery. 2014; 39(3):423–9

Hudak PL, Amadio PC, Bombardier C. Development of an upper extremity outcome measure: the DASH (disabilities of the arm, shoulder and hand). The Upper Extremity Collaborative Group (UECG). *Am J Ind Med*. 1996, 29: 602–8.

Inoue g, Sakuma M (1996) The natural history of scaphoid non- union. radiographical and clinical analysis in 102 cases. *Arch Orthop Trauma Surg* 115(1):1–4

Kuhlmann JN, Mimoun M, Boabighi A, Baux S. Vascularized bone graft pedicled on the volar carpal artery for non-union of the scaph- oid. *J Hand Surg* 1987;12B:203–210

Kuschner SH, Lane CS, Brien WW, Gellman H. Scaphoid fractures and scaphoid nonunion: diagnosis and treatment. *Orthop Rev* 1994;23:861–871

Lim TK, Kim HK, Koh KH, Lee HI, Woo SJ, Park MJ. Treatment of avascular proximal pole scaphoid nonunions with vascularized distal radius bone grafting. *J Hand Surg Am*. 2013 Oct; 38(10):1906-12

Malizos KN, Dailiana ZH, Kirou M, Vragalas V, Xenakis TA, Soucacos PN. Longstanding nonunions of scaphoid fractures with bone loss: successful reconstruction with vascularized bone grafts. *J Hand Surg* 2001;26B:330–334.

Mathoulin C, Haerle M. Vascularized bone graft from the palmar carpal artery for treatment scaphoid nonunion. *J Hand Surg* 1998;23B:318–323

Merrell GA, Wolfe SW, Slade JF, 3rd. Treatment of scaphoid nonunions: quantitative meta- analysis of the literature. *The Journal of hand surgery*. 2002;27:685-691

Pinder RM, Brkljac M, Rix L, Muir L, Brewster M. Treatment of Scaphoid Nonunion: A Systematic Review of the Existing Evidence. *The Journal of hand surgery*. 2015; 40(9):1797–805

Ribak S, Medina CE, Mattar R Jr., Ulson HJ, Etchebehere M. Treatment of scaphoid non-union with vascularised and nonvascularised dorsal bone grafting from the distal radius. *International orthopaedics*. 2010; 34(5):683–8

Ruby LK, Stinson J, Belsky Mr (1985) The natural history of scaphoid non-union. A review of fty-ve cases. *J Bone Joint Surg Am* 67(3):428–432

Zaidenberg C, Siebert JW, Angrigiani C. A new vascularized bone graft for scaphoid nonunion. *The Journal of hand surgery*. 1991; 16(3):474–8

